

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-319669

(43)Date of publication of application : 31.10.2002

(51)Int.Cl.

H01L 27/146
H01L 31/0232
H01L 31/10

(21)Application number : 2001-124591

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 23.04.2001

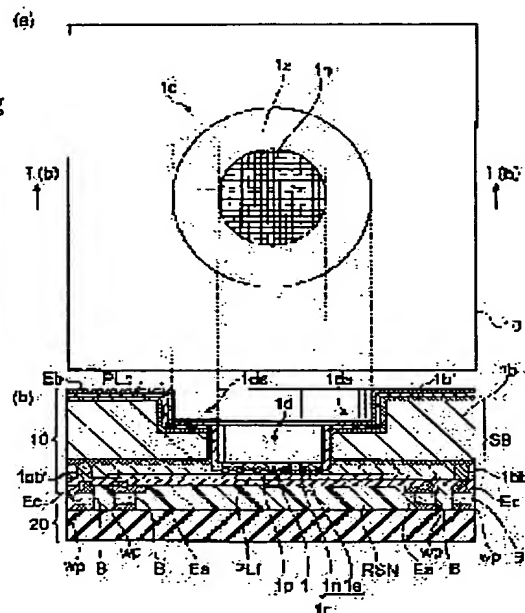
(72)Inventor : OKAMOTO KOJI
FUJII YOSHIMAROU

(54) BACKSIDE INCIDENT TYPE PHOTODIODE AND PHOTODIODE ARRAY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a backside incident type photodiode, capable of suppressing the damage of a photodetector, without reducing the working efficiency at the time of assembling an optical fiber or the like.

SOLUTION: According to the backside incident type photodiode, when the optical fiber F is inserted into a recess 1d of the photodiode 10 and mounted, since this component is abutted against a stepped part 1ds, a light-sensing region 1r disposed at a part deeper than the stepped part is protected against the component.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板の表面側に光感応領域が形成され、前記半導体基板の裏面側から前記光感応領域方向に延びた凹部を有し、前記凹部を介して前記光感応領域に光が入射する裏面入射型ホトダイオードにおいて、前記凹部の側面は段部を有することを特徴とする裏面入射型ホトダイオード。

【請求項2】 前記段部は、光ファイバの端面の周辺部が当接する当接部を有すると共に、前記光ファイバ端面近傍の側面の位置が規制されるように、前記当接部の周囲から前記裏面方向に延びた円筒面を有することを特徴とする請求項1に記載の裏面入射型ホトダイオード。

【請求項3】 前記半導体基板の表面側に、光の入射に応じて前記光感応領域内で発生したキャリアを取出すための電極を備え、前記半導体基板の表面側は樹脂材料を介して支持基板に固定され、前記電極は概略リング状の形状を有しており、前記リング状の前記電極は周方向に沿って一部切れていることを特徴とする請求項2に記載の裏面入射型ホトダイオード。

【請求項4】 前記支持基板は、その上にパターン配線が形成された配線基板であり、前記電極は前記パターン配線とバンプを介して電気的に接続されていることを特徴とする請求項3に記載の裏面入射型ホトダイオード。

【請求項5】 請求項1に記載の裏面入射型ホトダイオードを、前記半導体基板内に一次元又は二次元状に複数形成してなるホトダイオードアレイ。

【請求項6】 前記半導体基板の表面側に、光の入射に応じて前記光感応領域内で発生したキャリアを取出すための電極を備え、この電極は前記凹部の深さ方向延長領域上から外れた位置に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の裏面入射型ホトダイオード。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、裏面入射型ホトダイオード及びホトダイオードアレイに関する。

【0002】

【従来の技術】 短波長光に対して高感度が期待できる光検出器として、例えば特開平6-29506号公報に開示されたような裏面入射型CCDが知られている。このCCDは、当該基板における転送電極が存在する側と対向する側（裏面）からエッチングを行い、受光部の厚みを15 μ mから20 μ m程度まで薄くしている。

【0003】 この裏面入射型CCDは受光部の厚さが非常に薄いため、短波長の入射光であっても、受光部に至るまでに半導体材料において吸収されず、また、光入射に応じて発生したキャリアが基板内で再結合することなく受光部に到達する。したがって、このような裏面入射型ホトダイオードは、0.1nm程度の短波長光まで感度を有する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、受光部の厚みが非常に薄い場合、機械的強度が弱くなる。例えば、光通信の分野においては、特開平5-129638号公報に記載されるように、光ファイバとホトダイオードとを光学的に結合して用いている。ところが、上記のような裏面入射型ホトダイオードにおいては、光ファイバと光学的結合を行う際、薄化された受光部にファイバ端部が接触し、当該受光部が損傷を受け易くなる。このような損傷傾向は、製造歩留りを低下させる。

【0005】 このホトダイオードの裏面から受光部に至るまでの開口部側面形状、すなわち円筒面形状に併せてファイバの先端を尖頭加工し、上記のような損傷を抑制することも可能ではあるが、このような場合には、作業効率が低下する。このように、裏面入射型ホトダイオードにおいては、薄板部を有するが故に機械的強度が非常に弱く、アセンブリ時に破損し易いという問題を内在する。

【0006】 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、光ファイバ等のアセンブリ時における作業効率を低下させることなく、受光部の損傷を抑制可能な裏面入射型ホトダイオードを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上述の課題を解決するため、本発明に係る裏面入射型ホトダイオードは、半導体基板の表面側に光感応領域が形成され、半導体基板の裏面側から光感応領域方向に延びた凹部を有し、この凹部を介して光感応領域に光が入射する裏面入射型ホトダイオードにおいて、凹部の側面は段部を有することを特徴とする。

【0008】 本発明のホトダイオードによれば、光ファイバ等の光透過性の光学部品をホトダイオードに取付ける際、この部品は上記段部に当接するので、これよりも深部に位置する光感応領域は保護されることとなる。

【0009】 この段部は、光ファイバの端面の周辺部が当接する当接部を有すると共に、光ファイバ端面近傍の側面の位置が規制されるように、当接部の周囲から裏面方向に延びた円筒面を有することが好ましい。この場合、光ファイバを凹部内に挿入すると、円筒面に沿って光ファイバが当接部に移動し、当該当接部において、光ファイバの深部への移動が制限されると共に、円筒面によって光ファイバ端面近傍の側面の位置（横方向移動）が規制される。また、円筒面と光ファイバ側面との間に接着剤（樹脂）を充填することとすれば、光ファイバをより確実に固定することができる。なお、当接部の径は光ファイバのクラッド径（125 μ m）に設定されることが望ましい。

【0010】 半導体基板の表面側に、光の入射に応じて光感応領域内で発生したキャリアを取出すための電極を備え、半導体基板の表面側は樹脂材料を介して支持基板

に固定され、電極は概略リング状の形状を有しており、このリング状の電極は周方向に沿って一部切れていることが好ましい。

【0011】すなわち、上記凹部の存在によって光感応領域の厚みは周囲よりも薄化しているため、短波長の光が入射した場合においても、光感応領域内で発生したキャリアは表面側の電極を介して取出すことができる。ところが、上述のように、光感応領域の薄化によって、その機械的強度は減少している。そこで、半導体基板の表面側を樹脂材料を介して支持基板に固定することにより、本発明のホトダイオードにおいては光感応領域を補強している。

【0012】しかし、樹脂材料による半導体基板と支持基板の密着性が低い場合には、十分な補強を行うことのできないので、上記電極は概略リング状の形状を有しており、このリング状の電極は周方向に沿って一部切れていることとした。この場合、樹脂材料による接着時において、リング状電極の切れた部分を通して余分な樹脂材料或いは気泡が外部に押し出され、樹脂材料による半導体基板と支持基板の密着性が向上し、したがって、光感応領域の強度が向上する。なお、リング（環）とは、狭義には周方向に連続して内部を囲む形状を示すものであるため、本発明においては上記のように一部分が切れている場合を概略リング状と呼称することとする。

【0013】また、支持基板は、その上にパターン配線が形成された配線基板であり、前記電極は前記パターン配線とパンプを介して電気的に接続されていることが好ましい。すなわち、光の入射に応じて光感応領域で発生したキャリアはパンプ及び配線パターンを介して取出すことができる。

【0014】また、本発明のホトダイオードアレイは、上記の裏面入射型ホトダイオードを半導体基板内に一次元又は二次元状に複数形成してなる。このようなホトダイオードアレイは、一次元又は二次元像を撮像することができるが、従来、光ファイバ装着時の個々のホトダイオードの損傷によって全体としての歩留まりが著しく低下していた。本発明のホトダイオードを用いることにより、装着時の作業効率を劣化させることなく、ホトダイオードアレイの製造歩留まりを増加させることができ、また、不良ホトダイオード（画素）の頻度を著しく減少させることができるので、1つのホトダイオードアレイにおける画素数を増加させることもできる。

【0015】また、半導体基板の表面側に、光の入射に応じて前記光感応領域内で発生したキャリアを取出すための電極を備え、この電極は凹部の深さ方向延長領域上から外れた位置に設けることとしてもよく、凹部の深さ方向延長領域上に位置する光感応領域を電極から保護することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態に係る裏面入射

型ホトダイオードについて説明する。なお、同一要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0017】まず、その構造について説明する。

【0018】図1(a)は、実施の形態に係る裏面入射型ホトダイオード10を支持基板20に貼り付けてなる受光装置の平面図、図1(b)は図1(a)に示した受光装置のI(b)-I(b)矢印線断面図、図2は裏面入射型ホトダイオード主要部の拡大断面図である。なお、図1(b)に示す断面図において下側が裏面入射型ホトダイオード10の表面、上側が裏面を示し、また、内部構造を分かりやすく説明するため、図1(a)に示す平面図においては裏面側に設けられた保護膜の表示を省略する。

【0019】本受光装置は、裏面入射型ホトダイオード10を支持基板（配線基板、プリント回路基板）20に貼り付けてなり、裏面入射型ホトダイオード10と支持基板20は、これらの間に介在する樹脂材料（アンダーフィル樹脂）RSNによって接着されている。また、裏面入射型ホトダイオード10と支持基板20の電気的接続を行うため、これらの間には導電性のパンプ（パンプ電極）Bが介在している。なお、これの代わりに必要に応じて絶縁性のパンプを更に設けても良い。

【0020】詳説すれば、支持基板20は、その上に配線パターンWPを備えており、裏面入射型ホトダイオード10の表面側の電極（電極パッド）Ea、EcにパンプBを介して接続されている。

【0021】裏面入射型ホトダイオード10は、半導体基板SBの表面側に受光部である光感応領域（受光部）1r(1a, 1n, 1i, 1p)が形成され、半導体基板SBの裏面側から光感応領域1r方向に延びた凹部1dを有し、この凹部1dを介して光感応領域1rに光が入射する裏面入射型ホトダイオードにおいて、凹部1dの側面が段部1dsを有している。

【0022】なお、電極Ea、Ecは、光の入射に応じて光感応領域内で発生したキャリアを取出すための電極であり、電極Ea、Ecは凹部1dの深さ方向延長領域上から外れた位置に設けられており、凹部1dの深さ方向延長領域上に位置する光感応領域1rを取り付けの際に印加される電極Ea、Ecへの付勢力から保護することができる。

【0023】本構造によれば、光ファイバ等の光透過性の光学部品をホトダイオード10の凹部1d内に挿入して取付ける際、この部品は段部1dsに当接するので、これよりも深部に位置する光感応領域1rは当該部品から保護されることとなる。また、光ファイバの取り付け時においても、その先端を尖頭加工する必要がない。なお、加工することもできる。

【0024】したがって、裏面入射型ホトダイオード10によれば、光ファイバ等のアセンブリ時における作業

効率を低下させることなく、光感応領域1rの損傷を抑制することができる。

【0025】なお、凹部の最深部における光感応領域1rの厚みは、略10～15 μ mにまで薄板化されている。

【0026】以下の説明においては、凹部1dにおける段部1dsよりも裏面側の開口を第1開口とし、表面側の開口を第2開口とする。

【0027】第1開口の直径は略125 μ m程度であり、第1開口は、段部1dsにおいて基板厚と垂直な平面を有する平坦棚部（中間底部）を介して、これよりも表面側に位置する第2開口に連続し、これらは同心円状に位置している。

【0028】なお、第2開口の直径は略10 μ mである。また、これらの開口の形状は円形であるが、四角形や六角形等の半導体材料の結晶面に沿った形状とすることもできる。

【0029】半導体基板SBは、基体となる高濃度N型半導体基板1bと、N型半導体基板1bの表面側にエピタキシャル成長した低濃度のエピタキシャル層1iと、凹部1dの底面直下の領域（第2開口の底面：薄板部）におけるエピタキシャル層1iの裏面側に形成されたアキュムレーション層1aと、アキュムレーション層1a内に形成された格子状の高濃度N型半導体層1nと、上記凹部1d直下の領域におけるエピタキシャル層1iの表面側に形成されたP型半導体層（P⁺型拡散層）1pとを備えている。

【0030】低濃度のエピタキシャル層1iの導電型は、I型又は低濃度のN型であるが、本例では1 \times 10¹³/cm³以下の不純物濃度を有する低濃度のN型であることとする。したがって、I型とは低不純物（キャリア）濃度を示すものである。

【0031】上記構造を詳説すれば、半導体基板SBの凹部1dの直下の領域には、裏面側から、N型半導体層1n、I型エピタキシャル層1i、P型半導体層1pが順番に積層され、これらはPINホトダイオードを構成している。また、エピタキシャル層1iにおけるN型不純物の濃度を増加させれば、これは通常のPN接合型ホトダイオードとして機能する。いずれの場合においても、N型半導体層1nの抵抗値は比較的低く設定され、エピタキシャル層1i内における効率的な空乏層の形成に寄与している。

【0032】また、高濃度N型半導体基板1bは、凹部1d内における露出表面、凹部1dの外側に位置する基板裏面の濃度が高濃度とされた高濃度導電層1b'を有しているが、これは全体が高濃度であってもよい。

【0033】高濃度N型基板1bは、エピタキシャル層1iを厚み方向に横切るコンタクト用の高濃度N型半導体層（接続層（N⁺層拡散層）とする）1bb'に物理的及び電気的に接続されている。

【0034】また、接続層1bb'は基板表面に設けられたカソード電極Ecに物理的及び電気的に接続されている。

【0035】格子状の高濃度N型半導体層1nの厚み（深さ）は、アキュムレーション層1aよりも厚い。このN型半導体層1nは、その周辺部でN⁺型基板1bと接続される。

【0036】したがって、カソード電極Ecに所定の電位を与えると、接続層1bb'及びN⁺型基板1bを介して格子状の高濃度N型半導体層1nに、この電位を与えることができる。

【0037】アキュムレーション層1aは、均一の深さで形成されており、エピタキシャル層1iの裏面側表面付近の浅いところで生じた光電子を再結合させることなく、効率よく表面側の検出領域に到達させるように機能する。

【0038】なお、接続層1bb'はP型半導体層1pの側周を囲んでおり、P型半導体層1pは上記凹部1dの底面よりも外側の領域（厚板部）まで延びている。換言すれば、P型半導体層1pは、半導体基板の薄板部1rと重複すると共に厚板部まで延びている。P型半導体層1pは、凹部1dの第2開口で規定される底面の面積よりも大きな面積に設定されているので、電極Eaを配線基板20のパターン配線WPにバンプBを介して接続する際に、その衝撃を半導体基板の厚板部で吸収し、薄板部への衝撃を最小限に抑止することができる。

【0039】なお、P型半導体層1pは、凹部1dの第1開口で規定される開口面積よりも大きな面積に設定されていることが更に望ましい。

【0040】また、かかる構造による電気的な効果としては、キャリアの電極への到達率の向上を挙げることができる。すなわち、P型半導体層1pの面積は、少なくとも凹部1dの底面の面積、好ましくは凹部1dの第1開口によって規定される面積よりも大きいので、この開口部から入射する光により発生したキャリアが拡散しても、殆どのキャリアがP型半導体層1pに到達することができる。

【0041】P型半導体層1pは、基板表面側に設けられたアノード電極Eaに接続されている。したがって、アノード電極Eaに所定の電位を与えると、P型半導体層1pに、この電位を与えることができる。これらの電極Ec、Ea間には、ホトダイオードへの印加電圧が逆バイアスとなるような電圧が与えられる。

【0042】なお、上述のように、電極Ec、EaはバンプBを介して支持基板20の配線パターンWPに接続されている。したがって、配線パターンWPに上記電圧を与えれば、本例のホトダイオードに駆動電圧を印加することができる。

【0043】上記N型及びP型層に至る電気的経路上に位置する半導体層は、いずれも低抵抗であり、また、格

子状のN型高濃度半導体層1nも低抵抗であるため、このホトダイオードは約2V以下の低バイアス電圧動作でも完全空乏化が実現できると共に、高速応答性が実現できる。しかも、N型高濃度半導体層1n中には、アキュムレーション層1aが形成されているため、キャリアの表面付近での再結合も防止することができる。

【0044】P型半導体層1p、接続層1bb'及びエピタキシャル層1iの露出表面は表面側保護膜PLfによって被覆されている。アキュムレーション層1a、N型半導体層1n、凹部1d内及び基板裏面の露出表面は、裏面側保護膜PLbによって被覆されている。これにより、保護膜PLf、PLbによって被覆された半導体材料への異物の侵入等を抑制することができる。

【0045】また、裏面側保護膜PLbは、第2開口の下部底部、すなわち光感応領域1rの表面を被覆しており、反射防止膜として機能する。

構成要素	材料	厚み	不純物濃度又は比抵抗
N型半導体基板1b:	Si	最大300~400 μ m	0.02 Ω ・cm 以下
エピタキシャル層1i:	Si	10~15 μ m	100 Ω ・cm 以上
N型接続層1bb':	Si	10~15 μ m	$1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上
アキュムレーション層1a:	Si	0.1 μ m	$1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 以上
N型半導体層1n:	Si	1.0 μ m	$1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上
P型半導体層1p:	Si	0.5 μ m	$1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上
アノード電極Ea:	Al	1.0 μ m	2.7 Ω ・cm
カソード電極Ec:	Al	1.0 μ m	2.7 Ω ・cm
裏面電極Eb:	Al	1.0 μ m	2.7 Ω ・cm
表面側保護膜PLf: SiO ₂ , SiN _x 等		0.1~1.0 μ m	
裏面側保護膜PLb: SiN _x , SiO ₂ 等		0.05~1.0 μ m	
パンプB:	Ni/Au	5.0~10.0 μ m	
樹脂材料RSN:	エポキシ樹脂	5.0~10.0 μ m	

【0049】図3は表面側（図2における矢印III方向）からみたホトダイオードの平面図である。カソード電極Ec及びアノード電極Eaは、同図に示されるような分割されたパターン状に形成される。本例の裏面入射型ホトダイオード10においては、凹部1dの存在によって光感応領域1rの厚みは周囲よりも薄化しており、短波長の光が入射した場合においても、発生したキャリアは電極Ec及び／又はEaを介して取出すことができる。すなわち、電極Ec及び／又はEaは、光の入射に応じて光感応領域1r内で発生したキャリアを取出すため、半導体基板SBの表面側に設けられており、半導体基板SBの表面側は樹脂材料RSNを介して支持基板20に固定されている。

【0050】ところが、光感応領域1rの薄化によって、その機械的強度は減少している。本例では、半導体基板SBの表面側を樹脂材料RSNを介して支持基板20に固定することにより、光感応領域1rを補強している。

【0051】しかし、樹脂材料RSNによる半導体基板SBと支持基板20の密着性が低い場合には、十分な補強を行うことができない。

【0052】そこで、電極Ec及びEaは概略リング状の形状を有しており、このリング状の電極Ec及びEaは周方向に沿って一部切れていることとした。この場合、樹脂材料RSNによる接着時において、リング状電

【0046】前記段部1dsの裏面側及び基板1bの裏面における保護膜PLbの露出表面上は、遮光機能を兼ねた裏面電極Ebによって全体が覆われている。なお、凹部1dの外側に位置する基板裏面における高濃度導電層1b'は、基板裏面側に設けられた裏面電極Ebに電気的及び物理的に接続されており、裏面電極Ebを接地電位等の固定電位とすることにより、基板電位を接地することができる。この為、裏面入射型ホトダイオード10の下部開口底部の受光面以外に入射した光は電極Ebで遮光されると共に、受光面1r以外に照射される電磁ノイズを低減することができる。

【0047】なお、上記構成要素の材料、厚み及び不純物濃度又は比抵抗は以下の通りである。

【0048】

【表1】

極Ec及びEaの切れた部分を通して余分な樹脂材料RSN或いは気泡が外部に押し出され、樹脂材料RSNによる半導体基板SBと支持基板20の密着性が向上し、したがって、光感応領域1rの強度が向上する。

【0053】なお、リング（環）とは、狭義には周方向に連続して内部を囲む形状を示すものであるため、説明においては、一部分が切れている場合を概略リング状と呼称することとする。

【0054】電極構造について、詳説すれば、カソード電極Ecの周方向に沿った幅は約200 μ m程度であり、電極Ec間のピッチ（間隔）は約200 μ m程度である。この寸法は、回路基板20と裏面入射型ホトダイオード10との間の間隙に樹脂材料RSNを充填する際、樹脂材料RSNを流れ易くし、樹脂材料RSNを間隙全体に充填させるために有効である。樹脂材料RSNを薄板部を含め間隙全体に行き渡らせるより、裏面入射型ホトダイオード10の薄板部は保護（支持）されるので、その機械的強度を十分に高めることができる。なお、アノード電極Eaはカソード電極Ecの内側に配置されており、その形状及び配置はカソード電極Ecのものと同様である。

【0055】図4は、光ファイバFが凹部内に固定された受光装置の縦断面図である。光ファイバFは、凹部1dの段部1dsに当接している。段部1dsは、光ファイバF端面の周辺部が当接する当接部ABTを有すると

共に、光ファイバ端面近傍の側面F sの位置が規制されるように、当接部A B Tの周囲から裏面方向に延びた円筒面1 d cを有する。

【0056】この場合、ホトダイオード10と光ファイバFとの光学的接続（結合）を行うために、光ファイバFを凹部1 d内に挿入すると、円筒面1 d cに沿って光ファイバFが当接部A B Tに移動し（自動アライン機能）、当該当接部A B Tにおいて、光ファイバFの基板深部への移動が制限される（ストップとして機能）と共に、円筒面1 d cによって光ファイバ端面近傍の側面F sの位置（横方向移動）が規制される（位置規制機能）。これらは、光ファイバFの光学軸を裏面入射型ホトダイオード10の受光部（検出領域）1 rに位置合わせする手段として機能する。

【0057】また、円筒面1 d cと光ファイバ側面F sとの間に図示しない接着剤（樹脂）を充填することとすれば、光ファイバFをより確実に固定することができる（樹脂収容機能）。

【0058】なお、第1開口は光ファイバFのクラッド径（125 μm ）に設定されることが望ましい。

【0059】第2開口は、第1開口の段部1 d s（中間底部）をエッチングすることによって形成されるが、これは接続される光ファイバFの径より十分小さい径であり、第1の開口と略同心状に形成される。本例では、第2開口の径が光ファイバ径より小さい為、光ファイバが基板薄板部である受光部1 rと接触することはなく、薄板部の損傷が防止される。

【0060】なお、第1及び第2開口の寸法は、それぞれ125 μm 及び10 μm である。

【0061】本例においては、光ファイバFは、クラッド径125 μm 、コア径10 μm を有するので、上記寸法を採用することにより、第1開口での位置合わせ機能を十分達成でき、しかも薄板部への接触は防止できる。なお、光ファイバFは第1開口内に位置するが、これらは樹脂接着剤等により固定される。

【0062】次に上記受光装置の製造方法について説明する。この受光装置は、以下の順で行われる工程（1）～（12）によって製造される。

【0063】（1）エピタキシャル層1 iを形成する。すなわち、半導体基板1 bを用意し、半導体基板1 bの表面上にエピタキシャル層1 iを成長させる。半導体基板1 bは厚さ約385 μm 、比抵抗が0.02 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の基板である。エピタキシャル層1 iは厚さ10～15 μm 、比抵抗が数100 $\Omega \cdot \text{cm}$ 以上である。CVD法等を用いることができる。

【0064】（2）カソード用の接続層1 b b'を形成する。すなわち、エピタキシャル層1 i表面の所定領域に開口を有するマスクを形成した後、この開口を介してN型不純物（リン）を拡散させ、基板1 bに到達する接続層1 b b'を形成する。

【0065】（3）アノード用のP型半導体層1 pを接続層1 b b'の内側に形成する。すなわち、この層の形成予定領域に開口を有するマスクをエピタキシャル層1 i表面に再び形成し、表面側からP型不純物（ボロン）を拡散させる。P型半導体層1 pの不純物濃度は $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上で、厚さ0.5 μm 程度に設定する。これにより不純物濃度が $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上、厚さ10～15 μm 程度の接続層1 b b'がP型半導体層1 pの周囲を取り囲んで形成されたこととなる。

【0066】（4）表面側保護膜PL fを形成する。すなわち、P型半導体層1 p及びエピタキシャル層1 iの露出表面を酸化することにより、表面側保護膜PL fを形成する。この酸化は熱酸化であり、表面側保護膜PL fとしてSiO₂が形成される。

【0067】（5）基板裏面をエッチングして2段凹状構造の凹部1 dを形成する。まず、半導体基板1 bの裏面における第1開口形成予定領域のみが露出したマスクを裏面上に形成する。このマスクを用い、誘電結合プラズマ（ICP）エッチングにより、第1開口を形成する。

【0068】第1開口の形成後、一旦、エッチングを中断する。次に、形成された第1開口の底部（中間底部）における第2開口形成予定領域のみが露出したマスクを当該底部上に形成する。このマスクを用い、再度、誘電結合プラズマ（ICP）エッチングにより、第2開口を形成する。第2開口の形成工程は、エピタキシャル層1 iが露出した時点で終了する。本例では、第1開口は125 μm 程度であり、第2開口は10 μm 程度とする。

【0069】（6）パターン状半導体層1 nを形成する。すなわち、凹部1 dの底面上に所定パターンのマスク（格子状）を形成し、このマスクを介してN型不純物（リン）をエピタキシャル層1 i内に拡散させる。この不純物濃度は $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 程度に設定する。

【0070】（7）パターン状半導体層1 nと同じ領域内の露出面にアキュムレーション層を形成する。

【0071】一般的にアキュムレーションを行う際には、N型シリコン基板に対してリンをイオン注入すれば良いが、イオン注入層はアモルファス状となり、その後の熱処理で再結晶化とイオン注入したリン原子の活性化を行わなくてはならない。通常この熱処理（アニール）としては、600℃付近と1000℃付近の熱処理を連続して行う、所謂2ステップ・アニールが行われる。

【0072】（8）裏面側保護膜PL bを形成する。すなわち、凹部1 d及び裏面を含めた基板1 bの露出表面と、エピタキシャル層1 iの露出表面上に保護膜PL bを形成する。保護膜PL bとしてSiNx（シリコン窒化物）を用いる場合には、形成にCVD法を用いる。

【0073】（9）カソード及びアノード電極Ec、Eaを形成する。すなわち、表面側保護膜PL fにおけ

る、 n 型の接続層 $1bb'$ 、 P 型半導体層 $1p$ に対応する領域に、コンタクトホールを形成し、コンタクトホールを介して n 型の接続層 $1bb'$ 、 P 型半導体層 $1p$ 上にアルミニウムを蒸着し、それぞれ電極 E_c 、 E_a を形成する。なお、 CVD 法等により、これらの上に更に SiO_2 保護膜を形成してもよい。

【0074】(10)遮光及び接地用裏面電極 E_b を形成する。すなわち、裏面側保護膜 PLb の所定領域にコンタクトホールを形成した後、保護膜 PLb 及びコンタクトホールによる基板 $1b$ の露出面を電極 E_b によって被覆する。電極材料としてはアルミニウムを用いることができる。なお、電極 E_b が接続される高濃度層 $1b'$ は工程(8)よりも前の適当な時期に形成しておく。

【0075】(11)回路基板20と裏面入射型ホトダイオード10とを電気的に接続する。すなわち、基板 SB 表面上を被覆している図示しない保護膜がある場合には、これの電極 E_a 、 E_c に対応する部分を除去し、続いて、アノード及びカソード電極 E_a 、 E_c 上に導電性のパンプ B を配置し、パンプ B によって回路基板20上の配線パターン WP と電極 E_a 、 E_c とを接続する。パンプ B は Ni/Au からなる。なお、回路基板20は、必要に応じてホトダイオード10からの出力信号を増幅する増幅器等の回路を備えることとしてもよい。

【0076】(12)パンプにより接続された裏面入射型ホトダイオード10とプリント回路基板20との間の間隙に樹脂材料 RSN を充填し、硬化させ、図1に示した受光装置が完成する。

【0077】次に、上記裏面入射型ホトダイオード10を複数備えてなる裏面入射型ホトダイオードアレイについて説明する。このホトダイオードアレイは、単一の半導体基板内に形成され、単一の配線基板20上に形成された配線パターン WP に、上記1つのホトダイオード10と同様にパンプを介して接続される。

【0078】図5は複数の裏面入射型ホトダイオード10が二次元状に配置されてなる裏面入射型ホトダイオードアレイを配線基板20に取付けてなる受光装置の平面図であり、図6は図5に示した受光装置の $I-V-I$ 矢印線断面図である。

【0079】アレイ状の裏面入射型ホトダイオードは、同一基板上に所定の間隔で形成され、それぞれの開口部(凹部1d)には、複数の光ファイバ F が夫々光学的に接続されている。各凹部1dは、いずれも上記実施態様と同様に2重凹状に形成され、各々の第1開口内に光ファイバ F が位置し、これらは樹脂接着剤等により固定されている。

【0080】この裏面入射型ホトダイオードアレイによれば、光ファイバ F を介して入射する二次元像を得ることができる。なお、裏面入射型ホトダイオード10は二次元状に配置してもよい。この場合には、裏面入射型ホ

トダイオードアレイは二次元像を得ることができる。すなわち、このホトダイオードアレイは、上述の裏面入射型ホトダイオード10を、半導体基板 SB 内に二次元又は二次元状に複数形成してなる。

【0081】従来、光ファイバ装着時の個々のホトダイオードの損傷によって全体としての歩留まりが著しく低下していたが、上記ホトダイオード10を用いることにより、装着時の作業効率を低下させることなく、ホトダイオードアレイの製造歩留まりを増加させることができ、また、不良ホトダイオード(画素)の頻度を著しく減少させることができるので、1つのホトダイオードアレイにおける画素数を増加させることもできる。

【0082】また、上記半導体の導電型は、反転させることも可能である。すなわち、 N 型及び P 型は互いに置換可能である。

【0083】また、上記アノード及びカソード電極 E_a 、 E_c の形状は、概略ディスク状であって、分割されていてもよい。

【0084】図7は、 N 型半導体層 $1n$ の別の平面パターンを示す図である。上述の N 型半導体層 $1n$ は格子状とされたが、これは図7に示すように、リング状、概略リング状、又は同心二重リング状等としてもよい。

【0085】以上、説明したように、上記裏面入射型ホトダイオードにおいては、第1導電型(N^+ 型)半導体基板 $1b$ の第1面(表面)側に低濃度の第1導電型(N^- 型)エピタキシャル層 $1i$ が形成され、第1導電型のエピタキシャル層 $1i$ の基板 $1b$ と対向する表面(第1面:表面)の所定領域に高濃度第2導電型(P^+ 型)拡散層 $1p$ が形成され、半導体基板 $1b$ の露出面側の高濃度第2導電型拡散層 $1p$ に対向する領域に第1導電型のエピタキシャル層 $1i$ を露出するように形成された開口部1dを有し、開口部1dから入射する光を検出する裏面入射型半導体ホトダイオードであって、開口部1dは、第1開口と、第2開口とからなる二重凹状に構成され、第1開口の方が第2開口よりも径が大きく、略同心で形成されている。

【0086】

【発明の効果】本発明の裏面入射型ホトダイオードによれば、光ファイバ等のアセンブリ時における作業効率を低下させることなく、受光部の損傷を抑制可能な裏面入射型ホトダイオードを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は実施の形態に係る裏面入射型ホトダイオード10を支持基板20に貼り付けてなる受光装置の平面図、図1(b)は図1(a)に示した受光装置の $I(b)-I(b)$ 矢印線断面図である。

【図2】裏面入射型ホトダイオード主要部の拡大断面図である。

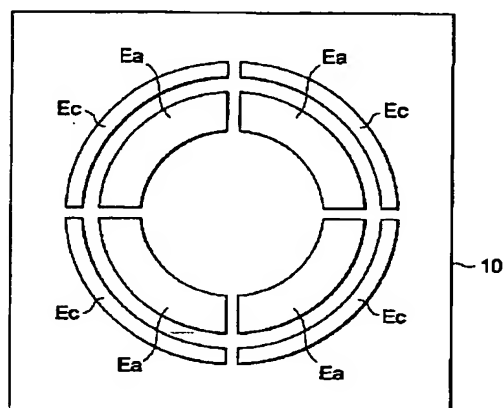
【図3】表面側(図2における矢印 III 方向)からみたホトダイオードの平面図。

【図6】 図5に示した受光装置のI V—I V矢印線断面

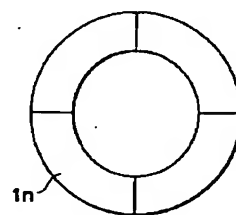
【符号の説明】

10…裏面入射型ホトダイオード、SB…半導体基板、
1r…光感応領域、1d…凹部、1ds…段部。

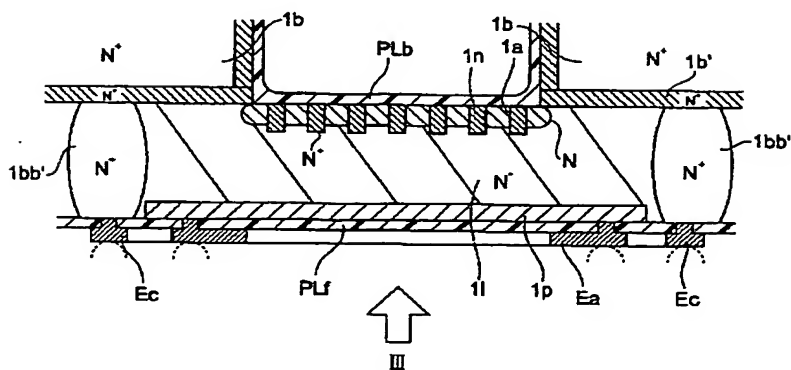
【圖3】



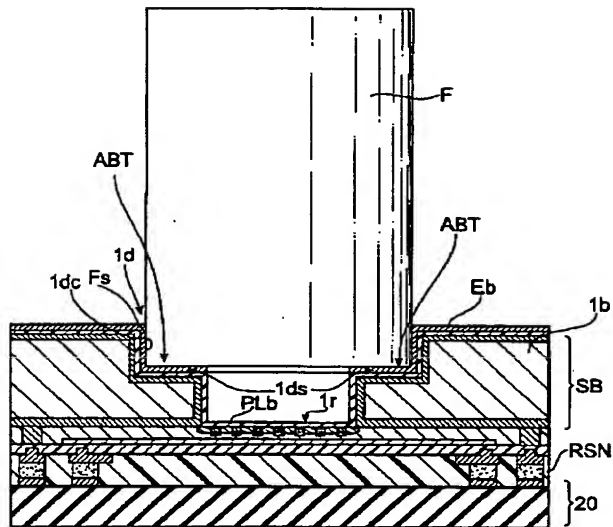
【圖 7】



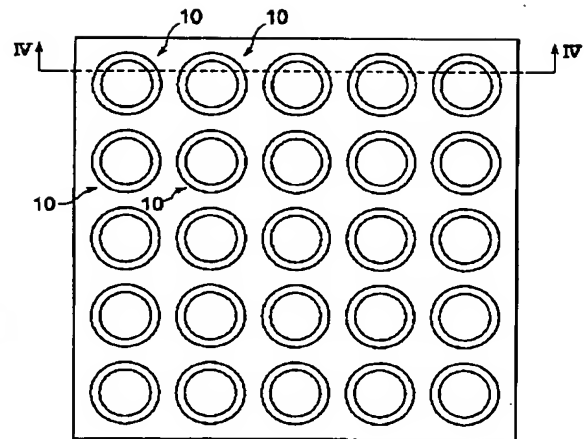
【図2】



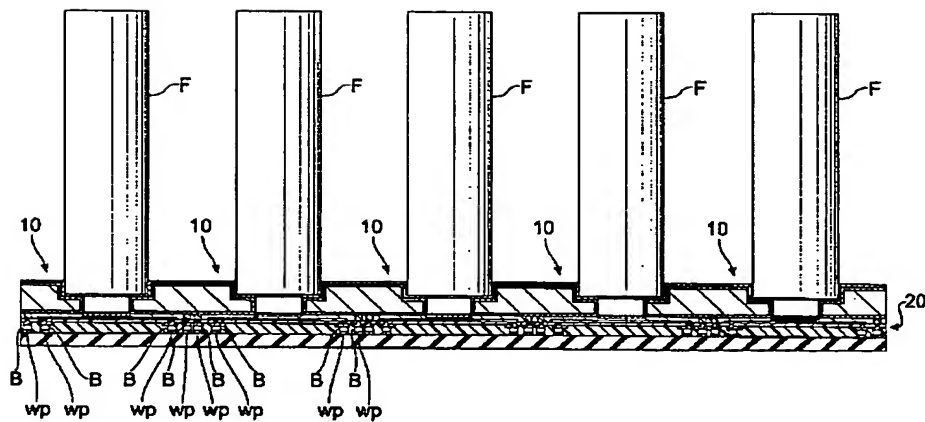
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4M118 BA06 CA02 CA32 GA02 GA09
 HA14 HA31
 5F049 MA04 NA09 NA10 NB03 NB05
 QA06 QA20 RA02 SS02 SZ20
 TA14
 5F088 AA01 BA16 BB02 BB03 DA17
 EA03 EA04 EA20 GA07 GA08
 GA10 JA14